

## Arbeitsstand der Realisierung des CombiKraftwerks- Naundorf – Ergebnisse der Untersuchungen am Vergasungsversuchsstand der TU Dresden zur Brenngasreinigung

N. Topf\*, M. Berger\*, D. Böhning\*\*, R. Roscher\*\*\*, S. Schröder\*\*\*\*

\*VER Verfahrensingenieure GmbH, Dresden, \*\*TU Dresden,

\*\*\*HTWK-Leipzig, \*\*\*\*POW AG, Dresden

### 1. Kurzfassung

Der stetige Anstieg des weltweiten Energiebedarfes, die zunehmende Verknappung der fossilen Energiereserven und die immer schneller voranschreitenden Belastungen der Umwelt durch Schadgase und CO<sub>2</sub> sind nur einige der Gründe, weshalb wir auf effektive, alternative und vor allem regional wertschöpfende wirtschaftliche Verfahren zur dezentralen Energieerzeugung angewiesen sind. Eine Möglichkeit, dieses Ziel auf dezentraler Basis von regenerativen Ressourcen zu bezahlbaren Preisen umzusetzen, ist der „CombiPower-Prozess“. Der wesentliche Vorteil des „CombiPower-Prozesses“ ist die Möglichkeit, dass neben den bekannten Produkten wie Strom und Wärme ein heizwertreiches Industriegas erzeugt werden kann. Am Beispiel der Stadt Großenhain wird gezeigt, dass bereits heute eine Ablösung fossiler Brennstoffe für die Wärmebereitstellung von bis zu 20% möglich ist.

Neben der Darstellung des Standes der laufenden Projektarbeiten zum „CombiKraftwerk-Naundorf“, werden erste Ergebnisse experimenteller Untersuchungen zur mehrstufigen Brenngasreinigung und WS-Kühlung, welche am Vergasungsstand der TU-Dresden Institut für Energietechnik, Professur für Verbrennung, Wärme- und Stoffübertragung gewonnen wurden, vorgestellt. Diese Untersuchungen wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes, welches durch die Sächsische Aufbaubank gefördert wurde, realisiert.

### 2. Einleitung

In Zusammenarbeit mit der TU Dresden sowie Fachfirmen und Investoren arbeitet die Wärmeversorgung Großenhain (WVG) seit 2000 aktiv an der Optimierung des Energieeinsatzes sowie an Konzepten zur Neugestaltung der Energieträgerstruktur durch den Einsatz regenerativer Energien.

Mit dem Bau einer Holzhackschnitzelfeuerung (500 kW<sub>th.</sub>), einer Biogasanlage (1,4 MW<sub>th.</sub>) sowie einer in der Realisierungsphase befindlichen Holzvergasungsanlage der POW AG, welche eine Nahwärmeauskopplung von 4 MW anstrebt, kann ein erheblicher Beitrag zur CO<sub>2</sub> neutralen und regionalen Energieerzeugung geleistet werden.

Nachfolgende Darstellung zeigt den Wärmelastgang des Versorgungsgebietes.

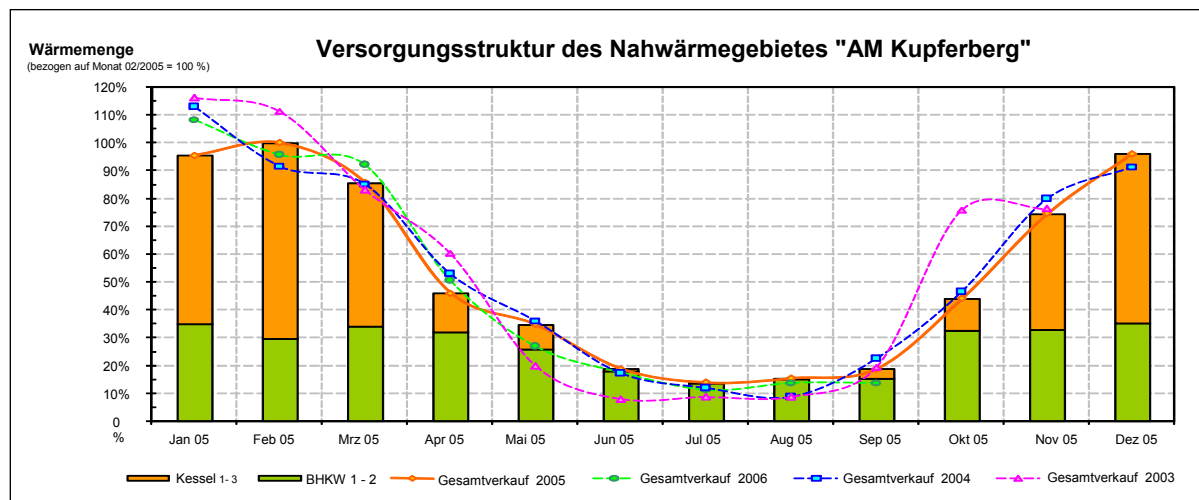


Abbildung 1: Versorgungstruktur „Am Kupferberg“ [1]

### 3. Wärmeversorgungsgebiet - „Am Kupferberg“

Das größte Versorgungsgebiet der WVG befindet sich „Am Kupferberg“ mit einer installierten Erzeugerleistung von 13 MW. Die Wärmebereitstellung wird derzeit durch 2 mit Erdgas betriebenen BHKW's mit einer Leistung von jeweils 650 kW<sub>therm.</sub> und drei Gasheizkesseln mit den jeweiligen Leistungen von 4.900 kW<sub>therm.</sub> (Kessel 1), 1.750 kW<sub>therm.</sub> (Kessel 2) sowie 4.900 kW<sub>therm.</sub> (Kessel 3) gewährleistet.

An Hand der Auswertung der Verbrauchsdaten für das Versorgungsgebiet „Am Kupferberg“, sei hier exemplarisch auf die Auswertung der Geschäftsjahre 2003 bis 2006 verwiesen, wurde eine Systembewertung in [2] vorgenommen.

Beim Betrieb der bestehenden Erdgas BHKW mit einer ganzjährigen Nennleistung von 1 MW<sub>therm.</sub> und der Nahwärmeabgabe von 4 MW<sub>therm.</sub> durch das CombiKraftwerk wird die erforderliche Wärmearbeit im Grundlastbereich für das Versorgungsgebiet sicher erzeugt. Für den notwendigen Spitzenbedarf von ca. 100 h pro Jahr wird des Weiteren einer der beiden installierten Gaskessel mit einer Nennleistung von 4,9 MW<sub>therm.</sub> vorgehalten.

### 4. CombiKraftwerk – Großenhain (OT Naundorf)

#### 4.1 Gegenstand und Rahmenbedingungen

Um das Projekt biogene Wärmeerzeugung für das Versorgungsgebiet „Am Kupferberg“ realisieren zu können, wurden mehrere Standorte in der näheren Umgebung von Großenhain untersucht sowie konkurrierende Technologien einer Holzverbrennungsanlage mit nachgeschaltetem ORC-Prozess bzw. Dampfkraftprozess und einer Holzvergasung mit nachgeschaltetem Gasmotorenprozess miteinander verglichen.

Im Ergebnis dieser Arbeiten wird der Bau des Heizkraftwerkes vom Typ „CombiPowerPlus“ auf der Basis nachwachsender Rohstoffe, zur gekoppelten Erzeugung von elektrischer Energie in einer Leistungsgröße von 6 MW<sub>elt</sub> und Wärme in einer Leistungsgröße von 8 MW<sub>therm.</sub> realisiert.

##### 4.1.1 Brennstoffbereitstellung

Ausgehend von einer projektierten Leistungsgröße von max. 6 MW<sub>elt</sub> ergibt sich ein Jahresbrennstoffbedarf von ca. 40.000 Tonnen Holz.

Im Rahmen des Projektes ist eine regionale Brennstoffversorgung vorgesehen. Dies setzt eine Zusammenarbeit mit regionalen Landwirten zur Plantagenholzkultivierung voraus.

Mit Projektbeginn soll vor diesem Hintergrund ebenfalls die Kultivierung der Holzplantagen aufgenommen und in den kommenden Jahren schrittweise erweitert werden. Für die erste Vegetationsperiode wäre hierfür eine Fläche von ca. 1.000 ha denkbar, die in der Folge auf bis zu 4.000 ha Plantagenflächen ausgedehnt werden soll.

Im Umkreis von ca. 30 Kilometern der Region Riesa/ Großenhain befinden sich ca. 57.000 ha Ackerland sowie ca. 8.000 ha Stilllegungsfläche. Diesbezüglich wurde im Rahmen einer Arbeit von Prof. Bemann u.a. [4] eine Modelluntersuchung für den Anbau von Plantagenholz für diese Region durchgeführt.

##### 4.1.2 Standort

Als Standort für die Errichtung und den Betrieb des CombiKraftwerkes in Naundorf steht ein Grundstück mit entsprechender Gebäudestruktur zur Verfügung. Dieses ist gemäß Flächennutzungsplan der Stadt Großenhain für die Wärmeversorgung vorgesehen und wurde bis 1995 als Heizhaus (Lautex) betrieben.

Das alte Heizhausgebäude wird als neues Maschinenhaus inkl. Bürotrakt und Labor umgebaut. Auf dem ehemaligen Kohlelagerplatz wird eine Lagerhalle für die angelieferten Holzhackschnitzel errichtet. Für die zum Einsatz kommenden Gasmotoren wird ein neues Motorengebäude südlich des Maschinenhauses errichtet werden.

Zur Übertragung der erzeugten Wärme in das Versorgungsgebiet „Am Kupferberg“ wird eine Nahwärmeleitung von ca. 1,3 km Länge verlegt. Die Lage der Nahwärmeleitung ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

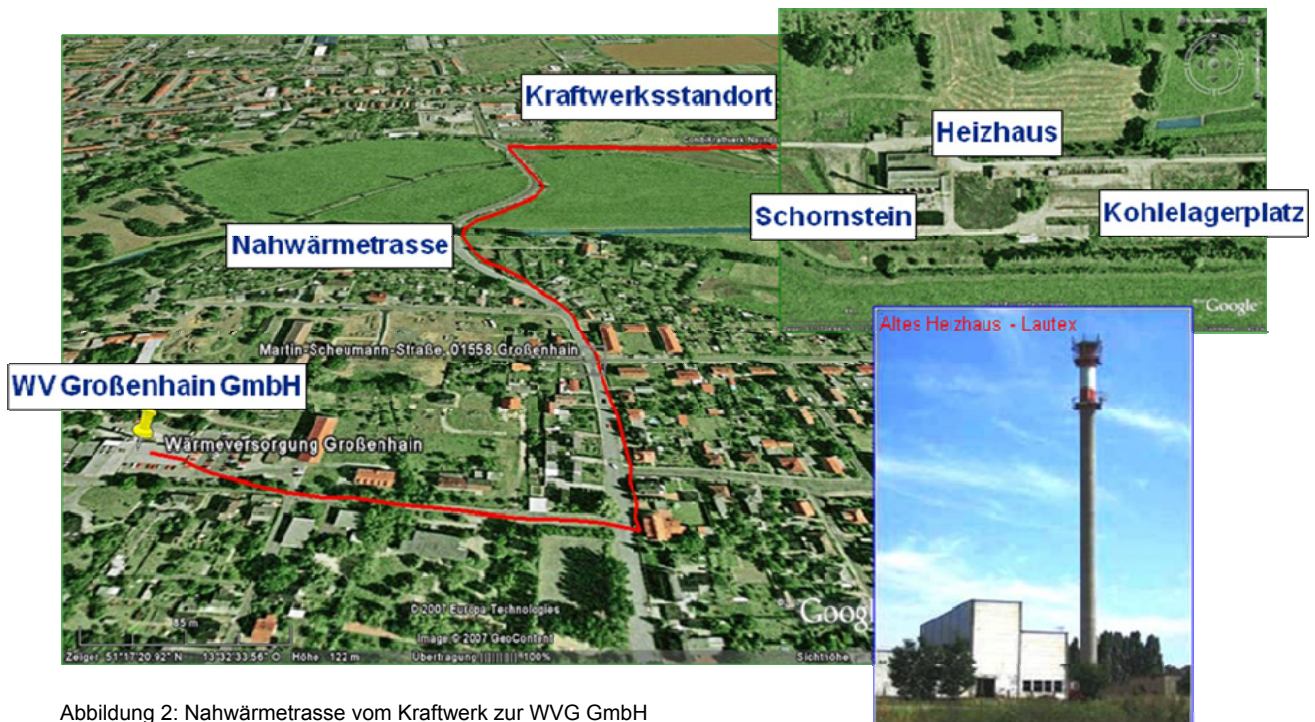


Abbildung 2: Nahwärmetrasse vom Kraftwerk zur WVG GmbH

#### 4.2 Technische Anlagenbeschreibung

Verfahrenstechnische Grundlage ist eine dreistufige Wirbelschichtanlage (WS-Anlage) [4], welche sich in die Prozessstufen der WS-Vergasung, WS-Kühlung und WS-Feuerung gliedert. Die Gesamtanlage besteht aus den Teilsystemen:

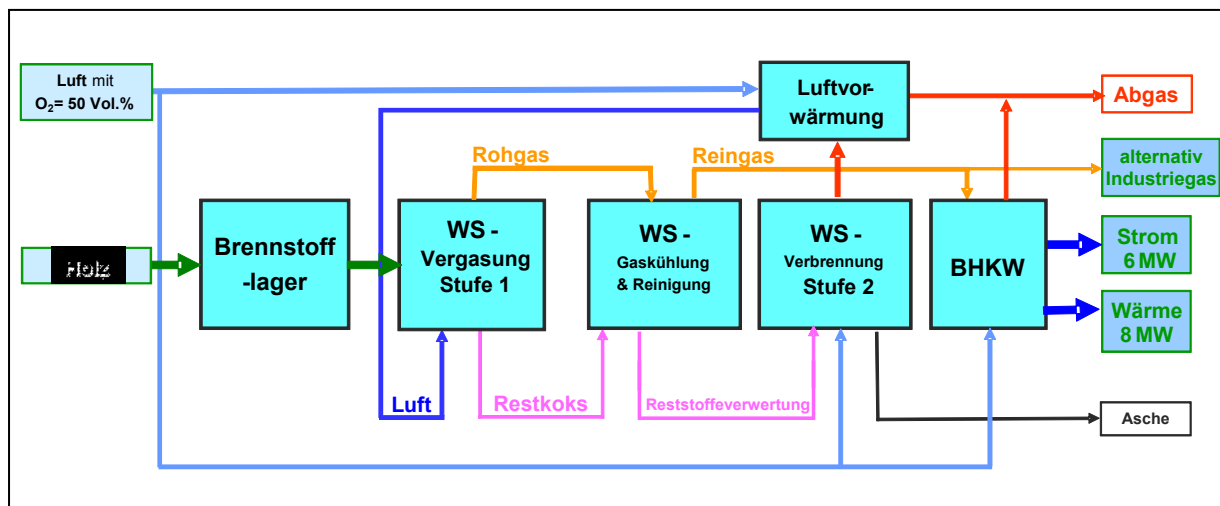


Abbildung 3: Blockschaubild CombiKraftwerk-Naundorf [3]

#### Brennstofflagerung und Brennstoffqualität

In der CombiPowerPlus-Anlage kommen naturbelassene Holzhackschnitzel mit < 18 % Wassergehalt zum Einsatz. Der durchschnittliche untere Heizwert sollte 12 MJ/kg nicht wesentlich unterschreiten. Der Brennstoff sollte frei von metallischen und anderen Störstoffen sein.

## Vergaser

Kernstück der Anlage ist der Wirbelschichtvergaser in dem der Brennstoff mit einer unterstöchiometrischen Luftmenge in ein brennbares Gasgemisch aus  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  und Wasserdampf umgesetzt wird. Die Vergasung findet dabei in einer stationär betriebenen Wirbelschicht mit Koks als Wirbelbettmaterial und vorgewärmter Luft als Wirbelmedium bei ca.  $620\text{ }^\circ\text{C}$  statt.

## Brenngasaufbereitung

Das Brenngas wird in einem Heißgaszyklon zunächst entstaubt und mit einem metallischen Katalysator nachfolgend weitgehend von teerhaltigen Bestandteilen befreit. Danach erfolgt eine weitere Kühlungs- und Reinigungsstufe. Die Abkühlung des Brenngases von ca.  $620\text{ }^\circ\text{C}$  Vergasungstemperatur auf ca.  $160\text{ }^\circ\text{C}$  erfolgt im nachgeschalteten Brenngaskühler. Dieser ist ebenfalls als stationärer Wirbelschichtapparat mit indirekter Kühlung ausgelegt, als Wirbelbettmaterial dient der Restkoks aus der Vergasung. Der teerbeladene Restkoks wird in die nachfolgende Verbrennungsstufe thermisch genutzt. Nach erfolgter Rohgaskühlung schließt sich eine weitere Reinigungsstufe des Brenngases an.

## Verbrennungsstufe

Die Reststoffe, welche bei der Gaserzeugung und -reinigung entstehen, werden in einer 3. stationären Wirbelschicht verdampft bzw. vollständig verbrannt. Das so erzeugte Rauchgas wird energetisch zur Vorwärmung des Vergasungsmittels und teilweise zur Erzeugung der Nutzwärme für die Holz Trocknung genutzt.

## BKHW

Das gereinigte Brenngas passiert die Gasmischregelstrecke, den Turbolader und den Gemischkühler. Als Arbeitsmaschine kommt ein Viertakt-Gas-Ottomotor zum Einsatz, der den Generator antreibt. Das Abgas wird durch einen regenerativen Thermoreaktor geleitet, in dem das restliche  $\text{CO}$  umgesetzt wird. Die Abgaskühlung wird zur Heizwassererzeugung genutzt.

## Sauerstoffanreicherung

Beim CombiPowerPlus-Verfahren wird die Möglichkeit genutzt, dass die Vergasungs- und die Verbrennungsmittel mit einem  $\text{O}_2$ -Gehalt von bis zu 50 Vol.-% zum Einsatz kommen. Damit verändern sich die Prozessbedingungen bei der Vergasung so, dass sich verfahrensgemäß eine Heizwerterhöhung des Brenngases von ca.  $5\text{ MJ/kg}$  auf ca.  $8\text{ MJ/kg}$  einstellt.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Projektskizze für das CombiKraftwerk-Naundorf

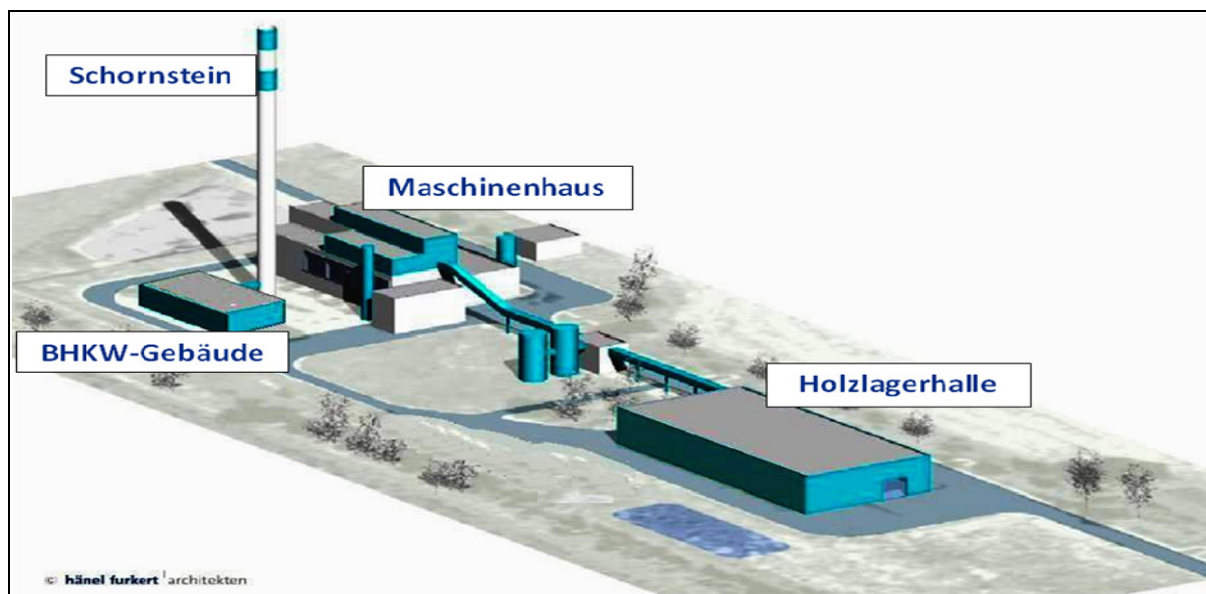


Abbildung 4: Projektskizze CombiKraftwerk-Naundorf

### 4.3 Stand der Realisierung des Projektes CombiKraftwerk-Naundorf

Nach dem Abschluss aller Voruntersuchungen und erfolgter Auswahl des Standortes wurde Ende 2006 die Projektgesellschaft POW AG (The Power of Wood) gegründet. Diese hat für die Errichtung und den zukünftigen Betrieb des Biomasseheizkraftwerkes in Großenhain die VER Verfahrensingenieure GmbH in Dresden mit der Planung und dem Bau der Anlage beauftragt.

Das Objekt, Heizhaus–Lautex auf der Martin-Scheumann-Straße in Großenhain, wurde durch die POW AG erworben und die Gebäudeentkernung, Rückbau der alten Kesselanlagen sowie Nebeneinrichtungen, erfolgte in den Monaten Mai bis August 2007.



Abbildung 5: Arbeiten zum Rückbau der Dampfkesselanlagen im alten Heizhaus Lautex

Im November 2007 wurde von der Stadt der Bebauungsplan bestätigt. Mit der Erteilung der endgültigen BlmSchV Genehmigung wird nach heutigem Kenntnisstand im April 2008 gerechnet, so dass mit dem Bauvorhaben noch im zweiten Quartal 2008 begonnen werden kann.

## 5. Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen zur Brenngasreinigung

### 5.1 Einleitung

Basis für die Durchführung dieses Projektes ist ein Versuchsvergaser mit einer Feuerungswärmeleistung von 75 kW, welcher an der TU Dresden betrieben wird. Eine erste Stufe für die Gasaufbereitung wurde im Rahmen eines durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgemeinschaften geförderten Forschungsvorhabens betrieben [5]. In dieser Gasreinigungsstufe wurde das Verfahren der katalytisch partiellen Oxidation getestet.

Um das Ziel der Verstromung des Gases zu erreichen, wurde die vorhandene Anlagentechnik um eine Komponente für die Gasaufbereitung und mit einem BHKW erweitert.

Mit der Ausführung der Auslegung und Konstruktion und Fertigung der Wirbelschichtstufe wurde die Firma VER Verfahrensingenieure GmbH beauftragt. Das BHKW wurde durch den Hersteller T & S Ruhland geliefert. Die Inbetriebnahme der Anlagentechnik und die Durchführung des Versuchsbetriebes erfolgte in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der VER Verfahrensingenieure GmbH.

Der Versuchsbetrieb diente im Wesentlichen der Aufnahme und Bewertung der Veränderungen der Gasqualität hinsichtlich Teer, Staub und nichtkondensierbarer Gasbestandteile über die Stufen der Gasaufbereitungstechnik.

### 5.2 Projektbeschreibung

Die Erweiterung der vorhandenen Anlagentechnik zur Brenngasaufbereitung an der Versuchsanlage der TU Dresden verfolgt im Wesentlichen das Ziel der Kühlung des Gases auf die für den Verbrennungsmotor zulässige Eintrittstemperatur. Bei der ersten Stufe der Gasreinigung, der katalytisch partiellen Oxidation handelt es sich quasi um eine Heißgasreinigung. Die Austrittstemperatur liegt bei ca. 600°C. Die Kühlung des Gases erfolgt in einem Wirbelschichtkühler. Der wesentliche Vorteil des Einsatzes der Wirbelschichttechnologie liegt in der Möglichkeit neben der Kühlung einen gewissen Nachreinigungseffekt des Gases zu

erzielen. Dies wird durch den Einsatz eines Bettmaterial gewährleistet, welches zum einen die Funktion des Wärmeträgers übernimmt, aber durchaus auch eine reinigende Wirkung hinsichtlich spezieller Gasbestandteile haben kann (Filter oder Reaktant). Als Bettmaterial diente auf eine Körnung von 0,7 - 2 mm zerkleinerte Holzkohle, welche als Reststoff in der Vergasungsstufe anfällt. In Abbildung 1 und 2 sind die Apparate der Gasaufbereitungstechnik als Modelle dargestellt.

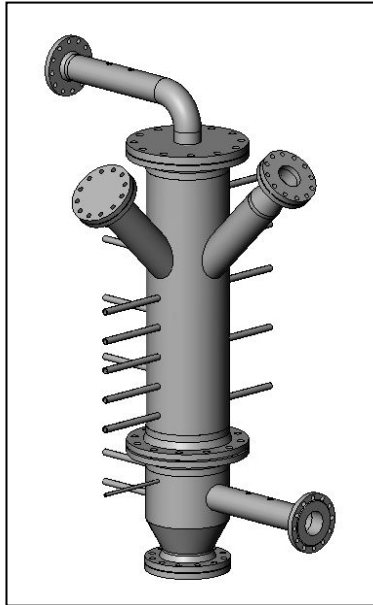


Abbildung 6: Reaktor zur katalytisch partiellen Oxidation

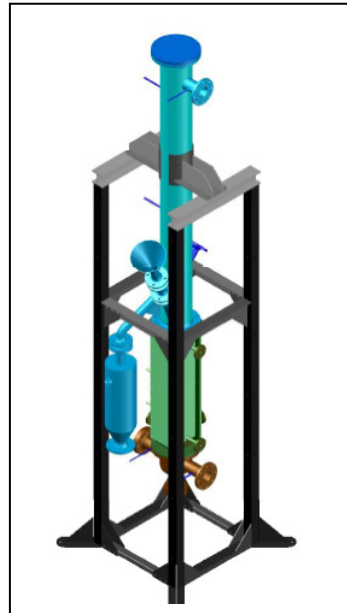


Abbildung 7: Wirbelschichtkühler

In [5] ist die detaillierte Beschreibung der Apparatechnik angegeben.

Nach der Durchführung und dem erfolgreichem Abschluss der Kalttests zur Aufnahme der notwendigen Parameter (Apparate- und Wirbelschichtkennlinien) zur Einschätzung des Betriebsverhaltens wurde der Wirbelschichtreaktor mit heißem Brenngas beaufschlagt. Um die Entwicklung der Gasqualität hinsichtlich Teerbeladung und der nichtkondensierbaren Bestandteile  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  und  $\text{O}_2$  über den Wirbelschichtkühler zu beurteilen, wurden zwei stationäre Betriebspunkte eingestellt und entsprechende Gasproben gezogen. Das behandelte Brenngas wurde in der in der Anlagentechnik installierten Brennkammer verbrannt.

Zur Kontrolle der Brenngasqualität sind Probenentnahmestutzen mit Absperrarmatur an den relevanten Stellen in der Brenngasleitung integriert. Die Gasentnahmestellen befinden sich vor und nach dem Reaktor zur katalytisch partiellen Oxidation und hinter dem Wirbelschichtkühler. Auf diese Weise kann die Änderung der Gasqualität über jede einzelne Stufe der Gasaufbereitung und über beide Stufen in Reihenschaltung analysiert werden. Die Gaskomponenten  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  werden mittels Infrarotspektroskopie und  $\text{H}_2$  über Wärmeleitfähigkeitsdetektoren bestimmt. Die gravimetrische Bestimmung der Teer- und Staubbeladung erfolgt nach der Methode von Dr. M. Klemm [7] und einer sich anschließenden Extraktion für die separate Bestimmung der Teer- und Staubkonzentration.

In zwei Versuchsreihen wurde die Gasqualität jeweils hinter und vor dem Reaktor zur katalytisch partiellen Oxidation aufgenommen. Zwei weitere Versuchspunkte spiegeln die Veränderung in der Qualität des Gases über dem Wirbelschichtkühler wider.

## 6. Versuchsergebnisse

Bei der Beurteilung des Versuchsbetriebes der Anlagentechnik lag die Konzentration im Wesentlichen bei den Temperaturverhältnissen im Wirbelschichtkühler und dessen Betriebsver-

halten und in der Auswertung der Ergebnisse der Gasanalysen hinsichtlich Teer- und Staubgehalt und der Konzentration der nichtkondensierbaren Bestandteile.

Wie in der Inbetriebnahmephase der Apparatechnik deutlich wurde, ist für einen zufriedenstellenden Betrieb des Wirbelschichtkühlers eine ganz gezielte Fahrweise unter klar definierten Prozessparametern erforderlich. Nähere Ausführungen dazu sind in [5] dargestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Veränderung des Teer- und Staubgehaltes sind in Diagramm 1 und 2 aufgetragen. Es werden die Teer- und Staubgehalte jeweils auf der Roh- und Reingasseite, abhängig vom Versuchspunkt, dargestellt. Die Angabe „O<sub>2</sub>-Zugabe“ in Diagramm 1 gibt den Wert wieder, welcher mit der Luft in die Stufe der partiellen Oxidation bezogen auf den jeweils durchgesetzten Brenngasvolumenstrom in [m<sup>3</sup>O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>BG] am entsprechenden Versuchspunkt eingetragen wurde.

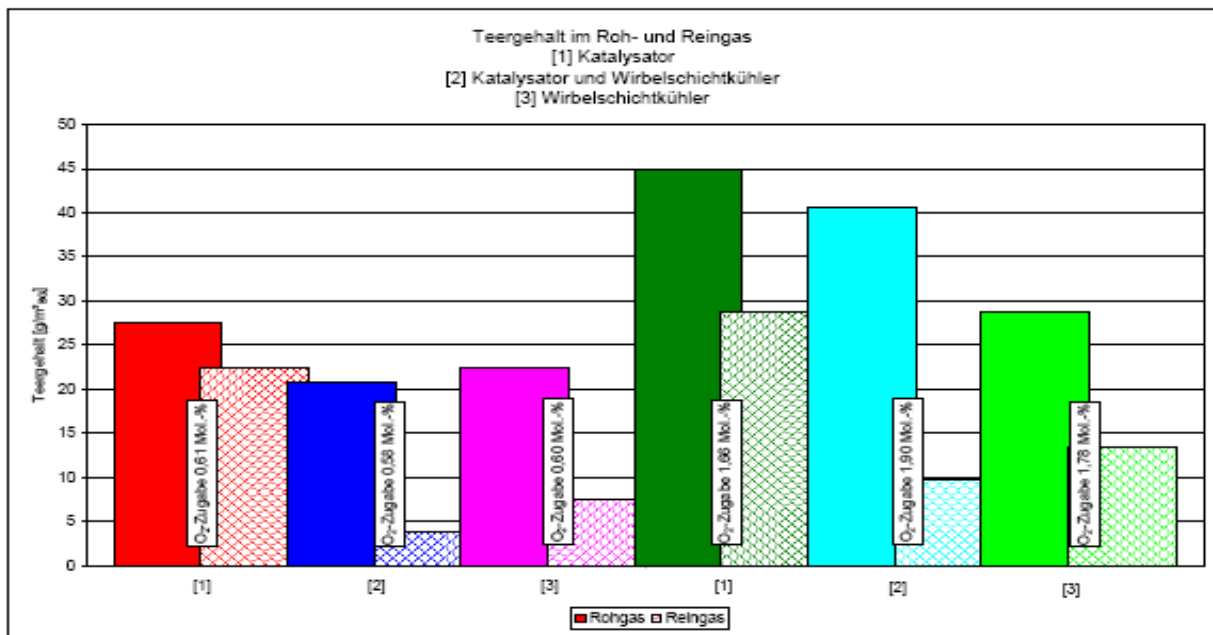


Diagramm 1: Teergehalt im Roh- und Reingas

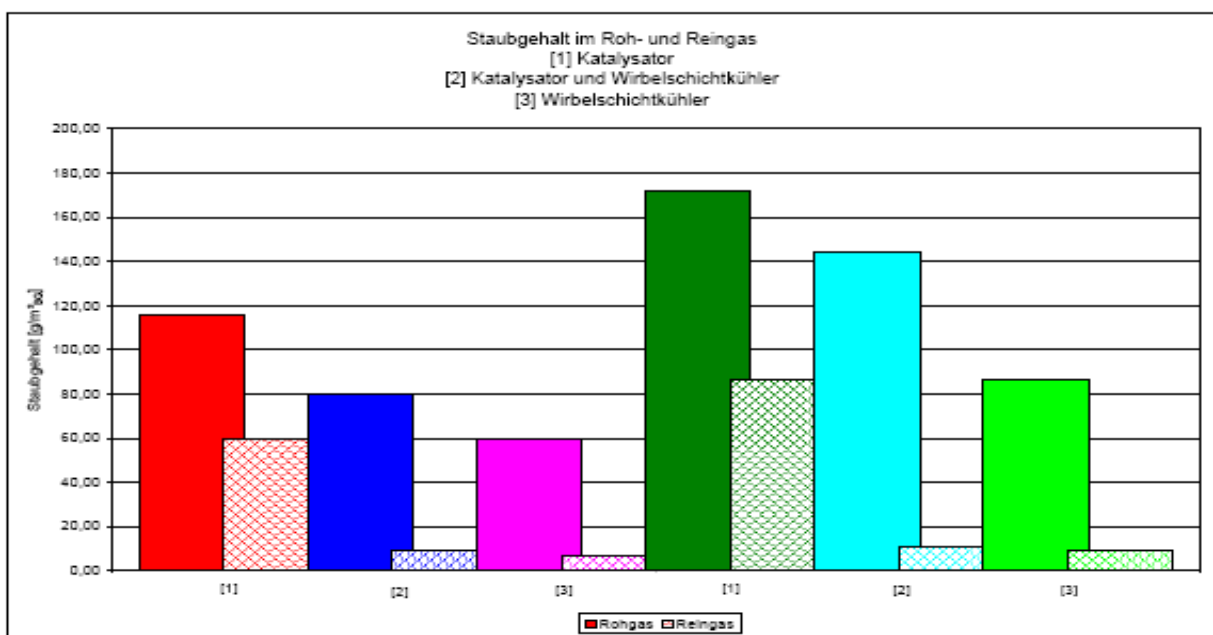


Diagramm 2: Staubgehalt im Roh- und Reingas

In der Auswertung der Entwicklungen des Teergehaltes wird deutlich, dass dieser von der Roh- zur Reingasseite in jedem Versuchspunkt abnimmt. Die höchste Differenz zwischen der Eintritt- und Austrittsbeladung des Gases an Teer tritt immer beim Betrieb der katalytisch partiellen Oxidation und des Wirbelschichtkühlers in Reihe auf. In den Versuchsreihen mit der geringeren Zugabe an Luft in die erste Gasaufbereitungsstufe ist die Teerbeladung des Gases wesentlich geringer (ca. 62%). Die Teerabbaurate über die Wirbelschicht liegt jeweils höher als über der Stufe der katalytisch partiellen Oxidation. Diese Entwicklung ist einmal begründet durch den Kondensatausfall (Wasser mit Kohlenwasserstoffen) in der Wirbelschichtstufe und der Anlagerung an der Holzkohle, so dass diese Bestandteile nicht mit dem Reingas ausgetragen werden konnten. Der Effekt der Kondensataufnahme im Wirbelbett war grundsätzlich das Ziel bei der Anwendung dieser Technologie.

Auch hinsichtlich des Staubgehaltes im Gas ist festzustellen, dass im ersten Versuchsabschnitt die Rohgasbeladung deutlich geringer gegenüber dem fortlaufenden Versuchsbetrieb ist. Insgesamt ist über jede Stufe bzw. Kombination der Stufen eine Reduzierung des Staubgehalts von der Roh- zur Reingasseite zu verzeichnen. In der Stufe der katalytisch partiellen Oxidation ist eine wesentlich kleinere Verminderung der Staubfraktion zu erreichen. Der im Vergleich zum Zwischenproduktgas (Katalysator-Wirbelschicht) geringe Staubgehalt im Reingas nach dem Wirbelschichtkühler war in Hinblick auf den Probetrieb nicht zu erwarten. Ursache für die sich herausbildende Entwicklung ist wiederum das ausfallende Kondensat und die sich daraus ableitende Bindung des Staubes am feuchten Bettmaterial. Parallel zu den Betrachtungen über den Teergehalt können auch hier Oxidationsreaktionen für den Verbrauch des Kohlenstaubes verantwortlich sein. Aber auch der oben erwähnte Kondensatanfall in der Reingasleitung bis zur Stelle der Gasentnahme stellt durch die Bindung des Staubes im Kondensat eine mögliche Senke im Gesamtsystem dar.

Aber nicht nur die Verschmutzung des Gases mit Teer und Staub spielt für den Betrieb des Verbrennungsmotors zur Erzeugung von Strom und Wärme eine Rolle. Für einen effizienten Betrieb des Motors ist die Gaszusammensetzung und der daraus resultierende Heizwert des eingebrachten Gases ganz wesentlich. Um diesen Umstand in Bezug auf die angewandte Gasaufbereitungstechnik bewerten zu können, sind im folgenden Diagramm die relevanten Gaskomponenten und der sich daraus ergebende Heizwert an der entsprechenden Stelle der Probenahme im System dargestellt.

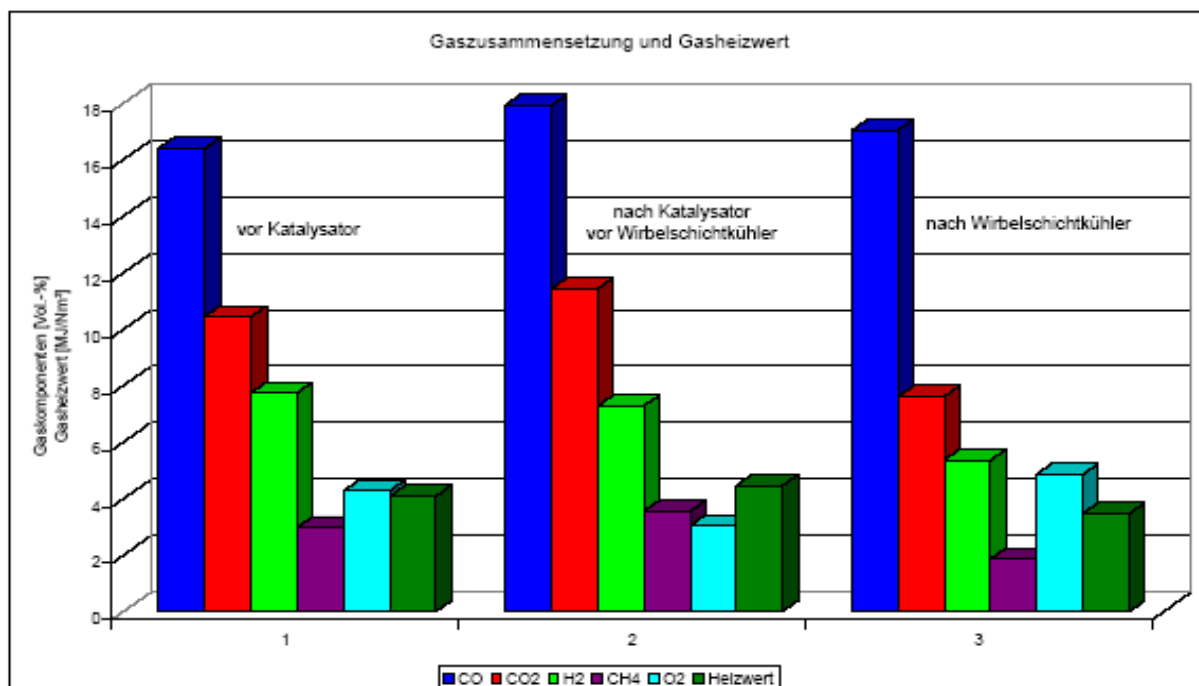


Diagramm 3: Gaszusammensetzung und Gasheizwert



Zunächst wird die Änderung der Gasqualität über die Stufe des Wirbelschichtkühlers (2 und 3) näher betrachtet. Es wird deutlich, dass alle Gaskomponenten in ihrer Konzentration abnehmen, mit Ausnahme des Sauerstoffs. Der Anstieg der Sauerstoffkonzentration ist ein Zeichen dafür, dass durch Undichtheiten im Rohrleitungssystem bzw. am Wirbelschichtapparat selber auf Grund des hohen Unterdrucks Luft in das System gesaugt wurde.

Die Abnahme der Konzentrationen der brennbaren Komponenten  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  und  $\text{CH}_4$  sind im Wesentlichen auf Verbrennungsreaktionen mit der eintretenden Falschluff zurückzuführen. Es findet eine Verdünnung des Gases statt, d.h. durch den hohen Stickstoffanteil in der Luft wird der Volumenanteil an nicht brennbaren Komponenten im Brenngas erhöht, als Folge kommt es zu einer Verminderung des chemischen Energiegehaltes des Gases.

In der weiteren Auswertung der Untersuchungen werden die verschiedenen möglichen Reaktionen in unserem System bezüglich der Gleichgewichtsbedingungen betrachtet.

Die Entwicklung der einzelnen Gasbestandteile unterliegen einem Komplex verschiedenartiger meist parallel oder auch nacheinander, bestimmt durch die verschiedenen Temperaturbereiche im System, ablaufender Reaktionen, welche zum einen durch die Bildung der Komponenten und auch durch deren Verbrauch definiert sind.

Die Bewertung der Veränderung der Gasqualität über beiden Verfahrensstufen ergab Folgendes. Der Verlauf der Konzentrationen der einzelnen Gaskomponenten beider Verfahrensstufen ist annähernd gleich. Eine Ausnahme bildet das  $\text{CO}$ , welches im Rahmen dieser Untersuchungen ansteigt. Das kann damit begründet werden, dass der Kohlenmonoxidgehalt in der Stufe der katalytisch partiellen Oxidation ansteigt und somit im Zwischenproduktgas den größten Wert in der Verfahrenskette annimmt.

Auf Grund der oben beschriebenen Veränderungen in der Gaszusammensetzung ergeben sich parallel dazu entsprechende Veränderungen im Heizwert. Durch den Anstieg der Konzentration von  $\text{CH}_4$  um ca. 20 % in der Stufe der katalytisch partiellen Oxidation wird eine wesentliche Heizwertsteigerung des Gases um ca. 10 % erreicht. Die prozentual größte Verringerung des Heizwertes ergibt sich über der Stufe der Wirbelschicht. Die Gründe hierfür liegen in den o.g. Sachverhalten, welche zu einem Falschluffeintrag führten. Der Mindestheizwert für Verbrennungsmotoren wird mit  $3,3 \text{ MJ/Nm}^3$  angegeben.

## **7. Zusammenfassung**

### **7.1 Projektstand CombiKraftwerk-Naundorf**

Die Umsetzung der Konzeption der Wärmeversorgung Großenhain GmbH einer alternativen bedarfsgerechten Bereitstellung von Wärme auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen wird gegenwärtig an drei ausgewählten Standorten realisiert. Nach Abschluss der geplanten Arbeiten wird so im Versorgungsgebiet der WVG 20% der Wärmebereitstellung durch biogene Brennstoffe sichergestellt.

Für den Bereich des Versorgungsgebietes „Am Kupferberg“ wird das Verfahren der Wirbelschichtvergasung mit innovativen Lösungen zur Teer- und Staubeinbindung im Restkohlenstoff sowie zur vollständigen energetischen Reststoffnutzung mittels einer Wirbelschichtverbrennung kombiniert. In den BHKW's wird das erzeugte Brenngas mittels KWK-Prozess in Strom und Wärme umgewandelt.

Der Standort am „Alten Heizhaus“ der Lautex bietet gute Voraussetzungen für die Errichtung und den Betrieb des geplanten CombiKraftwerkes-Naundorf, da hier bereits Einrichtungen wie Kesselhaus, Brennstofflagerplatz sowie Medienz- und -ableitung vorhanden sind.

Die Nähe zum Wärmeversorgungsgebiet „Am Kupferberg“ ermöglicht eine wirtschaftliche Realisierung der Nahwärmenutzung.

## 7.2 Erste Ergebnisse zu experimentellen Untersuchungen der Brenngasreinigung

Im Ergebnis dieses Forschungsvorhabens ist eine Anlagentechnik mit ihren Hauptkomponenten und der notwendigen Peripherie entstanden, die es gestattet biogene Reststoffe energetisch zu verwerten und als Produkte Strom und Wärme zu erzeugen.

Das Verfahren der katalytisch partiellen Oxidation für die Reduzierung der Teerbelastung im Brenngas wurde schon im Vorfeld zu diesen Untersuchungen mit positiven Ergebnissen getestet [[4]. Der Betrieb der Wirbelschichtkühlstufe in Kombination mit der katalytisch partiellen Oxidation hinsichtlich der energetischen Verhältnisse des Gases war zufriedenstellend. Durch die Anwesenheit des Kohlenstoffs kann bei korrektem Betrieb gewährleistet werden, dass die Gaszusammensetzung sich so verändert, dass nicht zwingend eine Verringerung des Heizwertes eintritt. Der Heizwert des Zwischenproduktgases kann zumindest gehalten bzw. noch gesteigert werden. Weiterhin wurde der in der Zielstellung definierte Effekt der Wirkung des Bettmaterials als Filter bzw. Reaktant erreicht.

Die Versuche haben gezeigt, dass in der Anlagentechnik selbst und in der Betriebsweise eine entsprechende Optimierung erfolgen muss.

Die in [5] dargestellten Maßnahmen der Optimierung sind die Grundvoraussetzung für die Inbetriebnahme des BHKW's. Erklärtes Ziel der Technischen Universität ist es, die Anlagentechnik so um- und aufzurüsten, dass eine ganzheitliche Verarbeitung von Biomasse vom Brennstoff bis zu den Produkten Strom und Wärme realisiert wird.

## 8. Quellen

- [1] Leubner, R.; Wärmeversorgung Großenhain, Informationsmaterial
- [2] Heße, W.; Dresdner ÖKOTHERM GmbH, Zuarbeit
- [3] VER GmbH, Studie zur Entwicklung des CombiPower-Verfahrens, Firmenintern, 2005
- [4] Bemann, Albrecht; u.a.: „Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Region Großenhain im Freistaat Sachsen“; FORSTARCHIV 78 (2007, 95-101)
- [5] Böhning, Dorith: Abschlussbericht „Entwicklung und Erprobung der katalytisch spaltenden Hydrierung und der katalytisch partiellen Oxidation zur Aufbereitung teerhaltiger Brenngase aus der Biomassevergasung“, AiF-gefördertes Vorhaben; 2007
- [6] Böhning, Dorith: Schlussbericht „Biogaserzeuger mit Thermostufe – Brenngasaufbereitung für Biomassevergaser kleiner und mittlerer Leistung“; SAB-gefördertes Vorhaben; 2008
- [7] Klemm, Marco: Heißentteerung von Brenngas aus der Vergasung von Biomasse durch katalytisch partielle Oxidation; Fortschritts-Berichte VDI; Reihe 6; Nr. 525; VDI Verlag 2005